**2006099C[1] 第一章拓展资源**

**1. 计算科学与数学的关系是什么？为什么计算机技术专业的学生要学习数学？**

**答：**

数学是现代科学的重要基础，当然也是计算科学的主要基础。数学方法在现代科技的发展中已经成为一种必不可少的认识手段。它的主要作用是为科技研究提供：（1）简洁精确的形式化语言；（2）数量分析和计算的方法；（3）逻辑推理的工具。人们公认高技术本质上就是数学技术，而计算学科（即我们所熟悉的计算机科学与技术）也离不开数学。

从数学的角度出发，数学本身可分为连续数学和离散数学。离散和连续是现实世界中物质运动对立统一的两个方面，离散数学和连续数学是描述、刻画现实物质世界的重要工具。最早的数学本质上是一种离散型的数学，但随着微积分的出现，对整个数学的研究发生了深刻的影响。人们以一种连续的观点研究数学，描述自然科学研究中的各种具体问题，从而形成了现在占统治地位的连续数学。随着现代科学技术的发展，特别是计算机科学技术的兴起，离散数学又重新找到了它自己原有的位置。“能行性”这个计算学科的根本问题决定了计算机本身的结构和它处理的对象都是离散型的，甚至许多连续型问题也必须在转化为离散型问题以后才能被计算机处理。所以计算机科学与技术本质上是一门离散数学技术。

在计算科学中，无论是理论研究还是技术研究的成果，最终目标要体现在计算机软件产品的程序指令系统应能机械地、严格地按照程序指令执行，决不能无故出错。计算机系统的这一客观属性和特点决定了计算机的设计、制造、以及各种软件系统开发的每一步都应该是严密的、精确无误的。就目前基于图灵机这一理论计算模型和存储程序式思想设计制造的计算机而言，它们只能处理离散问题或可用构造性方式描述的问题，而且这些问题必须对给定的论域存在有穷表示。至于非离散的连续性问题，如实数域上的函数计算，方程求根等还只能用近似的逼近方法。于是，由于计算模型的非连续性特点，使得以严密、精确著称的数学尤其是以离散数学为代表的应用数学成为描述计算学科理论、方法和技术的主要工具。数学与电子科学（特别是微电子技术）构成了计算学科的基础。

与数学相比，电子技术的重要性对计算科学而言不如数学，因为数学提供了计算科学最重要的学科思想和方法论基础，而电子技术只提供了电子计算机的实现技术，它仅仅只是对计算科学许多思想和方法的一种当前最现实、最有效的实现技术手段而已。当科学技术的手段提到发展时，完全有可能有某一项新技术归结为有效地取代电子技术（如光技术、生物技术等等），但计算科学的数学基础可能变化不大。

从事计算科学的人都知道，计算科学中不仅许多理论是用数学描述的，而且许多技术也是用数学描述的。大多数计算科学理论不仅仅是对研究对象变化规律的陈述，而且由于能行性这一本质的核心问题和特点的作用，理论描述中常通过方法折射出技术的思想和步骤，而从理论通过方法跨越到技术则完全取决于理论的深刻认识和理解。一个人如果看懂了以形式化方法描述的技术文献，自然明白技术上应该怎样去做。

至于计算机技术专业的学生为何要学习数学这个问题的答案，了解了上面所讲的计算学科与数学的关系后就不言而喻了：计算机科学植根于数学，从而数学是必须掌握的基础知识；另外如果我们已经拥有牢固的数学基础，则能大大提高我们本身的逻辑推理能力、抽象思维能力和形式化思维能力，从而今后在学习任何一门计算机科学的专业主干课程时，都不会遇上任何思维理解上的困难。

**2．《离散数学》这门课程在计算机科学技术学科中有什么样的作用？**

**答：**

离散数学（Discrete Mathematics）研究离散（变）量的结构及其相互关系，是计算机科学的理论基础。

在整个课程的学习过程中，由于要经常强调具有构造性特点的一系列问题解决方法，因此它非常重视“能行性”（Practicability）问题的研究：即要解决一个问题，不光要证明该问题解的存在性（连续数学只要做到这一步就基本上算解决问题了），还要给出解决该问题的解的步骤来。

我们知道在计算科学研究中，存在这样一条规律：一个问题，当它的描述及其求解方法或求解过程可以用构造性数学描述，而且该问题所涉及的论域为有穷，或虽为无穷但存在有穷表示时，那么该问题一定能用计算机来求解；反过来，凡是能用计算机求解的问题，也一定能将该问题的求解过程数学化，而且这种数学化是构造性的。从而计算学科的基本问题是“能行性”问题。

凡是与“能行性”有关的讨论，都是处理离散对象的。因为非离散对象（即连续对象），是很难进行“能行”处理的。因此，“能行性”这个计算学科的根本问题决定了计算机本身的结构和它处理的对象都是离散型的，甚至许多连续型问题也必须在转化为离散型问题以后才能被计算机处理。正是构造数学的构造性和离散性特征保证了计算方法的能行性，所以计算机科学与技术本质上是一门离散数学技术。离散数学是计算机科学和技术的重要理论基础之一，为计算学科各分支领域解决其基本问题提供了强有力的数学工具，在计算机科学与技术中有十分广泛的应用。

1998年秋，IEEE-CS和ACM联手组成任务组，开始了关于计算学科教学计划的CC2001（Computing Curricula 2001）的起草工作。经过3年多的工作，任务组于2001年12月提交了最终报告。CC2001将计算学科划分为14个主领域：离散结构（Discrete Structures）、程序设计基础（Programming Fundamentals）、算法与复杂性（Algorithms and Complexity）、体系结构（Architecture and Organization）、操作系统（Operating Systems）、网络计算（Net-Centric Computing）、程序设计语言（Programming Languages）、人机交互（Human-Computer Interaction）、图形学与可视化计算（Graphics and Visual Computing）、智能系统（Intelligent Systems）、信息管理（Information Management）、软件工程（Software Engineering）、社会和职业的问题（Social and Professional Issues）和科学计算（Computational Science）。CC2001的一个特别之处是将离散数学从预备知识部分独立出来，列为学科的第一个主领域，以强调计算学科对它的依赖性。

《离散数学》所涉及的概念、方法和理论，大量地应用在“数字电路”、“编译原理”、“数据结构”、“操作系统”、“数据库系统”、“系统结构”、“容错判断”、“算法的分析与设计”、“逻辑程序设计”、“软件工程”、“人工智能”、“多媒体技术”、“计算机网络”、“信息管理”、“信号处理”、“模式识别”、“数据加密”、 “机器定理证明”、 “形式语言与自动机”等计算科学的相关专业课程中，为这些专业课程的学习提供了重要的数学理论基础。更重要的是计算学科各专业的学生通过学习《离散数学》，可以使他们熟悉和习惯抽象的符号表示和演算形式，培养和训练我们掌握使用数学语言或符号系统处理问题的基本方法，提高我们的抽象思维和逻辑推理的能力。

数学系毕业的学生到软件企业中大多做软件设计与分析工作，而计算机系毕业的学生则以做程序员的居多，原因就在于数学系毕业的学生有很强的分析推理能力。这充分说明了抽象思维和逻辑推理能力的重要性。计算机系的学生学习离散数学的目的应该是：将抽象的理论再应用于实践，不但要掌握题目的解题方法，更要掌握解题思想；对于定理的学习：不是简单的应用，而是掌握证明过程即掌握定理的由来，训练自己的推理能力。只有这样才达到了学习这门课程的目的：通过严格的训练，逐步实现思维方式的数学化。

3.**《离散数学》这门课程的特点和内容有哪些？**

**答：**

离散数学由多门数学分支组成，每一分支可以看成是一门独立的学科，它们从不同的角度出发，研究各种离散量之间数与形的关系。它充分地描述了计算机与技术离散性的特点，从而成了计算科学的主要工具。它的数学内容并不是新的，是随着计算科学的兴起，才成为一门独立的课程。随着计算科学的出现，一些以前独立的数学分支以它们的某些方面的共性以及在计算科学中的不断应用突然变得日益重要起来。人们发现，这些分支处理的数学对象和方法与传统的分析有明显的区别：分析研究的问题描述和解决方案都是连续的，因而微分、积分成为基本的运算手段；而这些分支研究的对象是离散的，一般是有限个或可数个，从而我们称这些分支为“离散数学”。“离散数学”的名字越来越响亮，最后导致以分析为中心的传统数学被相对称为“连续数学”。

经过多年的发展，《离散数学》的内容基本上稳定下来。一般认为，离散数学包含以下部分 ：

1） 集合论（Sets）

2）二元关系（Binary Relations）

3）数理逻辑（包括命题逻辑和谓词逻辑）（Mathematical Logic）

4）抽象代数（包括代数结构、半群、群、环、域和布尔代数）（Abstract Algebra）

5）图论（Graph Theory）

6）数论和组合数学（Number Theory and Combinatorics）

**4. 学习《离散数学》要达到什么样的目的？**

**答：**

通过学习本课程，不仅掌握《离散数学》在计算科学中的应用，为计算机专业后续专业课程的学习和科研工作（软、硬件开发和应用研究）的参与打下良好的数学理论基础，而且学到一种证明问题的方法，培养学生抽象思维、严格的逻辑推理和创新能力，进而提高学生分析问题解决问题的能力。

《离散数学》的学习所提供的训练，十分有益于学生概括抽象能力、逻辑思维能力、归纳构造能力的提高，十分有益于学生严谨、完整、规范的科学态度的培养。这些能力与态度是一切软、硬件计算机科学工作者所不可缺少的。离散数学课程所传授的思想和方法，广泛地体现在计算机科学技术从科学计算到信息处理，从理论计算机科学到计算机应用技术，从计算机软件到计算机硬件，从人工智能到分布式系统及相关专业的诸领域中。

**6. 在《离散数学》中，数理逻辑的具体内容有什么？在计算科学中有什么应用？**

**答：**

数理逻辑又称符号逻辑，是用数学的方法研究思维规律和推理过程的一门学科。人的思维的形式结构包括概念、判断和推理之间和结构和联系。其中概念是思维的基本单位；通过概念对事物描述是否具有某种属性进行肯定或否定的回答，这个过程就是判断；由一个或几个判断推出另一个判断的思维形式就是推理。研究推理的方法很多，用引进一套符号体系、乘简洁地表示出各种推理的逻辑关系的数学方法研究推理的就称为数理逻辑。

数理逻辑主要研究：逻辑演算（命题逻辑和谓词逻辑）（包括命题的概念、命题的真值、命题联结词、命题符号化、合式公式（命题公式）、子公式和指派、真值表、公式分类与永真式、逻辑恒等式和永真蕴含式、证明方法、对偶原理、合（析）取范式、极大（小）项、主合（析）取范式、命题逻辑的推理理论、个体、个体域、谓词、命题的谓词形式、量词（称量词、存在量词）、量词的辖域、自由变元、约束变元、合式公式）、公理化集合论、模型论、构造主义与证明论。最基本的内容是命题逻辑和谓词逻辑。

数理逻辑在电子线路、机器证明、自动化系统、编译理论、算法设计方法、自动程序设计、CAD方面有着广泛的应用。

**7. 为什么有些计算科学专业的学生不愿学数学？**

**答：**

大家都知道，计算科学专业的学生要和大量高深的数学打交道，既花时间和精力又很难学好。然而在当今世界，由于计算机科学与技术的飞速发展，许多人并不需要掌握很多的数学知识就能轻松完成大量计算机应用的任务。因此计算科学专业的学生常常有不愿学的情绪，从而影响了学习效果。

但这并不等于说计算科学不需要数学知识。事实上正是由于大量掌握了数学知识的科学家和工程师所做的开拓性工作才使得计算机科学技术有了今天的局面，使得那些非计算科学专业人员只要懂得如何使用各种计算机硬（软）件资源就可以很容易地从事各种计算机应用工作。但作为计算科学专业的学生，没有坚实的数学基础，就不可能从事较高起点的、非计算科学专业人员不能胜任的专业开发工作。这是社会发展对计算科学专业人员的要求。而从事这些工作必须具备数学上的某种成熟性和思维方式的数学化。从某种意义上讲，计算机科学家一定是数学家。

就拿软件开发中十分重要的编程作来讲，计算科学界的“诺贝尔奖”----图灵奖获得者、公认的算法大师Knuth的经典巨著《程序设计的艺术》（The Art of Computer Programming）第一卷第一部分就专门讲了数学。他在二十世纪六十年代将计算科学就定义为研究算法的科学（当然随着学科的发展，研究计算模型与体系结构也是同样重要的）。算法的原理总是数学特别是离散数学有密切的联系。高级程序设计语言似乎和数学没直接的联系，但如果要编程以期在计算机上解决具体问题时，首要的任务是对实际问题进行抽象，建立数学模型，如果编程都没有扎实的数学功底这是无法完成的。

**8. 数理逻辑的历史**

逻辑是研究人类思维学科，最早是由古希腊学者亚里士多德创建的，他的《工具论》奠定了逻辑学的理论基础。中国最早的一部逻辑专著——《墨经》也创造了一个比较完整的逻辑体系。

根据所研究的对象和方法的不同，逻辑学可分为形式逻辑、辩证逻辑和数理逻辑。数理逻辑用数学方法研究推理，利用符号体系研究推理过程中前提和结论之间的关系，因此也叫符号逻辑。

从十七世纪开始，就有一些学者试图用数学的方法来研究逻辑。德国的哲学家的数学家莱布尼兹（G. W. Leibniz）被公认为是数理逻辑的创始人。他认为数学之所以能发展如此迅速，数学知识之所以能如此有效，就是因为数学使用了特别的符号语言。这种符号语言为表达思想和进行推理提供了非常良好的条件。因此他提出了用一种像数学一样的表意符号体系来研究思维形式和规律，能简洁地表达出各种的推理的逻辑关系，使得推理过程就象数学一样可以利用公式来进行计算，以便用计算来解决争论。

1847年，英国数学家、逻辑学家布尔（G. Boole）发表了《逻辑的数学分析》（The mathematical Analysis of Logic），建立了“布尔代数”（Boolean Algebra），并创造一套符号系统，利用符号来表示逻辑中的各种概念。布尔建立了一系列的运算法则，利用代数的方法研究逻辑问题，初步奠定了数理逻辑的基础。

十九世纪七十年代末至二十世纪初，为了理解数学命题的性质和数学思维规律，德国的弗雷格（G. Frege）、意大利的皮亚诺（G. Peano）和英国的罗素（B. Russell）建立了古典逻辑演算、命题演算和谓词演算。数理逻辑突破了古典形式逻辑的局限，形成了一个完整的逻辑体系。

而德国的希尔伯特（D. Hilbert）和哥德尔（K. Godel）的研究努力又使数理逻辑成为一门内容丰富的独立学科。

二十世纪四十年代以后，数理逻辑又逐步在开关线路（数字逻辑）、自动化系统、编译理论、算法设计等方面获得了非常广泛的应用，从而迅速成为计算科学的基础理论之一。

数理逻辑的主要内容，大致可分为5个方面：逻辑演算、证明论、公理集合论、递归论和模型论。最基本的内容是命题逻辑和谓词逻辑。目前，除了这些传统的分支外，又出现了与计算科学有关的应用逻辑：多值逻辑、模糊逻辑、时序逻辑、模态逻辑、非单调逻辑、程序逻辑。

**9．为何要学数理逻辑**

大家都知道计算机是很有用的，但是要让计算机解决问题，必须先编写出计算机能自动执行的正确程序。而编写程序的前提是设计出解决此问题的算法。因此算法被认为是计算科学的核心之一。通常我们认为程序、算法和逻辑有如下的关系：

程序 = 算法 + 数据结构

算法 = 逻辑 + 控制

这就说明为了设计出好的算法，算法设计人员必须具备很好的逻辑思维能力。我们的逻辑思维能力的高低则取决于我们的数理逻辑或形式逻辑的修养。学习数理逻辑，能培养和提高我们的逻辑思维能力，开拓我们解决问题的思路，同时也能帮助我们更好地学习计算科学的后继课程。

**10．逻辑的作用**

有人以为既然每个人都能思维，逻辑思维能力就应该是人所共有的能力，不必专门学习。这是不对的。一个人能思维，并不意味着他有很强的逻辑思维能力。每个人的逻辑思维能力是有高低之分的。

逻辑是所有学科的基础，是每个人所必须具备的基本能力。无论你想要学习那一门专业，要学得好，学得快，就要求你具有较强的逻辑思维能力。走上工作岗位后，要解决工作中的问题，也要求你具备这样的能力。

逻辑思维能力不是与生俱来的，需要通过后天的学习培养才有可能形成和提高。如果从小就接受一点逻辑训练，提高逻辑推理的能力，人的基本素质就会有很大提高，学习和工作的能力和效果就会有较大的改观。

　　国内外大量的实践表明，对学生进行逻辑思维训练，可以提高学生推理的能力，思辩的能力，学习的能力，从而提高人的工作能力。GRE考试中，有三分之一是的逻辑推理题。这些题目不需要任何专业知识，都是一些日常生活中的思考题，但是需要考生具备较高的逻辑思维能力。

日常生活中，一个人的思维可以出偏差，可以有不合逻辑的小错误。学习和工作中则不同，逻辑混乱，导致的问题可能比较严重。特别是从事计算机软硬件研究开发工作的人，正确的逻辑思维能力显得尤其重要。

因此，专门的逻辑思维训练对每个人都是十分有必要的。